

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjaun Umum**

Konstruksi bangunan merupakan bahan bangunan yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban dan menentukan pola bangunan. Pada umumnya kegiatan konstruksi diawasi oleh manajer proyek, insinyur disain, atau arsitek proyek. Orang-orang ini bekerja di dalam kantor, sedangkan pengawasan lapangan biasanya diserahkan kepada mandor proyek yang mengawasi buruh bangunan, tukang kayu, dan ahli bangunan lainnya untuk menyelesaikan fisik sebuah konstruksi.

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapateori-teori, analisa struktur, dan metode perhitungan sebagai pedoman untuk menyelesaikan perhitungan tersebut. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

Adapun struktur pendukung terdiri dari 2 yaitu:

##### **1. Struktur bagian atas (Upper Structure)**

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaanya. Untuk itu bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstuksi hendaknya memenuhi criteria sebagai berikut:

- a. Tahan api
- b. Kuat dan kokoh, setiap bangunan yang direncanakan harus kuat menahan beban dan tahanan terhadap goyangan yang diakibatkan oleh gempa, beban angin, dan sebagainya.
- c. Awet untuk jangka waktu yang lama.
- d. Ekonomis, setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.
- e. Aman dan nyaman, setiap bangunan yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek kenyamanan serta orang – orang yang menghuni merasa nyaman dan aman.

Perhitungan perencanaan bangunan atas meliputi:

- 1) Perhitungan pelat atap
- 2) Perhitungan pelat lantai
- 3) Perhitungan tangga
- 4) Perhitungan portal
- 5) Perhitungan balok
- 6) Perhitungan kolom

## 2. Struktur bangunan bawah

Struktur bangunan bawah adalah system pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas untuk diteruskan ke tanah dibawahnya.

Perhitungan perencanaan bangunan bawah meliputi:

- 1) Perhitungan sloof
- 2) Perhitungan pondasi

## 2.2 Dasar – Dasar Perencanaan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan gedung Perencanaan Pembangun Gedung Stasiun Pengendalian Operasi penulis berpedoman

pada peraturan – peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan – peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002 oleh departemen Pekerjaan Umum dan Badan Standarisasi Nasional. Digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan bangunan gedung.
2. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) 1987.
3. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002 ) oleh Agus Setiawan
4. Dasar – dasar perencanaan Beton Bertulang oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma
5. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).

Suatu struktur bangunan juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap (*fixed equipment*) yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu (perlengkapan/peralatan bangunan).

Menurut Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

No	Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	Berat sendiri
1	Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
2	Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
3	Batu belah/bulat/gunung	1500 kg/m <sup>3</sup>
4	Batu karang	700 kg/m <sup>3</sup>

5	Batu pecah split	1450 kg/m <sup>3</sup>
6	Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
7	Beton (untuk struktur)	2200 kg/m <sup>3</sup>
8	Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
9	Kayu (kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
10	Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab)	1650 kg/m <sup>3</sup>
11	Pasangan batu merah	1750 kg/m <sup>3</sup>
12	Pasangan batu belah/bulat/gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
16	Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
18	Tanah, lempung, dan lanau (kering samapi lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
20	Tanah hitam (timbang)	11400 kg/m <sup>3</sup>
21	Adukan, per cm tebal : – Dari semen – Dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m <sup>2</sup> 17 kg/m <sup>2</sup>
22	Aspal, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
23	Dinding pasangan bata merah : – Satu batu – Setengan batu	450 kg/m <sup>2</sup> 250 kg/m <sup>2</sup>
24	Dinding batako berlubang – Tebal dinding 20 cm – Tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup> 120 kg/m <sup>2</sup>
25	Dinding batako tanpa lubang : – Tebal dinding 15 cm – Tebal dinding 10 cm	300 kg/m <sup>2</sup> 200 kg/m <sup>2</sup>
26	Langit-langit : – Serat semen, tebal maksimum 4 mm – Kaca, tebal 3-4 mm	11 kg/m <sup>2</sup> 10 kg/m <sup>2</sup>

27	Lantai kayu dengan balok (rumah tinggal)	40 kg/m <sup>2</sup>
28	Penggantung plafon (bentang maksimal 5 m)	7 kg/m <sup>2</sup>
29	Penutup atap : <ul style="list-style-type: none"> <li>– Genteng/kaso/reng, per m<sup>2</sup> luas atap</li> <li>– Sirap/kaso/reng per m<sup>2</sup> luas atap</li> <li>– Serat semen gelombang (tebal maksimal 5 mm)</li> <li>– Aluminium gelombang</li> </ul>	50 kg/m <sup>2</sup> 24 kg/m <sup>2</sup> 11 kg/m <sup>2</sup> 5 kg/m <sup>2</sup>
30	Penutup lantai (teraso, keramik, dan beton)	24 kg/m <sup>2</sup>

( Sumber : PPPURG 1987, tabel 1 Hal 5)

## 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. (Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan, hal.4)

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

No	Beban Hidup	Berat sendiri
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m <sup>2</sup>
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
4	Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
5	Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
6	Lantai dan balkon ruang pertemuan, bioskop, ibadah	400 kg/m <sup>2</sup>
7	Panggung penonton dengan penonton yang berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>
8	Tangga, bordes tangga dan gang bangunan umum	300 kg/m <sup>2</sup>
9	Tangga, bordes tangga dan gang bangunan pertemuan	500 kg/m <sup>2</sup>
10	Lantai ruang perlengkapan gedung pertemuan	250 kg/m <sup>2</sup>

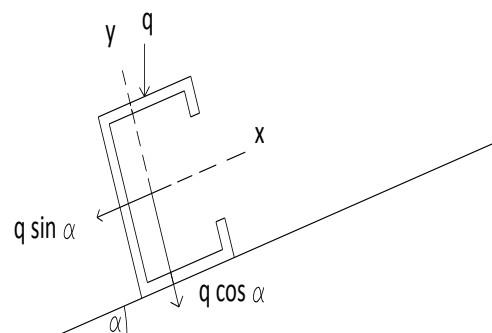
11	Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
12	Lantai gedung parkir bertingkat : – untuk lantai bawah – untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m <sup>2</sup> 400 kg/m <sup>2</sup>
13	Balkon yang menjorok bebas keluar	300 kg/m <sup>2</sup>

( Sumber : PPPURG 1987, tabel 2 Hal 12)

## 2.3 Struktur Atas

### 2.3.1 Atap (Gording)

Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, reng, usuk, orang, beban angin, beban air hujan pada titik-titik buhul kuda-kuda. Gording menjadi tempat ikatan bagi usuk dan posisi gording harus disesuaikan dengan panjang usuk yang tersedia.



Gambar 2.1 Penampang Gording

a. Perhitungan Beban Mati ( $M_D$ ) :

- Berat sendiri gording
- Berat penutup atap

b. Perhitungan Beban Hidup ( $M_L$ ) :

- Beban air hujan

$$W_{ah_{max}} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{ah} = 40 - 0,8 \alpha \text{ (SNI 03-1729-2002)}$$

- Beban pekerja, diambil  $100 \text{ kg/m}^2$  (PPIUG 1983 butir 3.2.1 hal 13)
- Beban Angin.

$$Q_{angin} = \text{koef. angin. w. Lg}$$

koefisien angin :

$$\text{Koefisien angin tekan} = (0,02 \alpha - 0,4)$$

$$\text{Koefisien angin hisap} = 0,4$$

w = tekanan angin tiup

lg = jarak gording

Apabila  $Q_{angin}$  bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin. Setelah diketahui beban-beban tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung kombinasi pembebanannya.

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L \dots\dots\dots \text{(SNI 03-1729-2002)}$$

$M_U$  = Beban terfaktor

$M_D$  = Beban mati

$M_L$  = Beban hidup

c. Cek kekompakan penampang (SNI 03-1729-2002)

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}$$

Plat Badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$

Dimana :

$\lambda_f$  = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

$\lambda_w$  = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

$$Z_x = 2 \left( b \times t_f \times \frac{h - t_f}{2} \right) + 2 \left( t_w \times \frac{h - 2t_f}{2} \times \frac{h - 2t_f}{4} \right)$$

$$Z_y = \frac{1}{2} \times tf \times b^2 + \frac{1}{4} \times (h - 2tf) \times tw^2$$

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing  $\lambda_f$  dan  $\lambda_w$  dibandingkan dengan  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$ .

– Untuk plat sayap :

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 0,83 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

– Untuk plat badan:

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Dimana :

$\lambda_p$  = Lamda plastis

$\lambda_r$  = Lamda ramping

– Aksi kolom

$$Lk = L \cdot Kc$$

$$\Lambda = \frac{Lk}{iy}$$

$$\Lambda c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Lk}{r} \sqrt{\frac{fy}{Es}}$$

$$Nn = Ag \cdot \frac{fy}{\omega}$$

– Aksi balok

$$\frac{b}{2tf}$$



$$\frac{Nu}{\phi b N_y} = \frac{Nu}{\phi b \cdot f_y \cdot A_g}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - \frac{2,75 \cdot Nu}{\phi_b N_y} \right]$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}} \rightarrow f_r = 70 \text{ MPa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J_A}{2}}$$

$$I_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4}$$

$$X_2 = 4 \times \frac{I_w}{I_y} \left( \frac{S_x}{G J} \right)^2$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(f_y - f_r)} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

Cek terhadap tekan dan lentur :

$$\frac{Nu}{\phi N_n}$$

$$\frac{Nu}{2 \phi N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} \right) \leq 1,0$$

Cek Terhadap Geser :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn.E}{fy}}$$

$$V_n = 0,6 \times fy \times A_w$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

$$\frac{V_u}{\phi \cdot V_n} < 1$$

Metode interaksi dan lentur :

$$\frac{Mu}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \frac{Vu}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$$

Setelah membandingkan masing-masing lamda plat sayap dan plat badan, tentukan rumus yang memenuhi syarat berdasarkan perbandingannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis penampang berdasarkan perbandingan lamdanya :

a. Penampang kompak  $\lambda < \lambda_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy$$

b. Penampang tidak kompak  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = M_y + (M_p - M_y) \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

c. Penampang ramping  $\lambda_r < \lambda$

$$M_n = M_y = W_x \cdot fy$$

d. Cek kekuatan lentur (SNI 03-1729-2002)

$$\left[ \frac{cmx \cdot Mux}{\phi \cdot Mn_x} \right]^\eta + \left[ \frac{cmy \cdot Muy}{\phi \cdot Mn_y} \right]^\eta$$

Untuk:  $bf/d < 0.3$

maka  $\eta = 1.0$

$0.3 < bf/d < 1.0$

maka  $\eta = 0.4 + bf/d \geq 1.0$

Keterangan :

$$C_{mx} = 1.0$$

$$C_{my} = 1.0$$

$$\phi = 0.9$$

Dimana :

$M_p$  = Momen plastis

$M_y$  = Momen leleh

$M_u$  = Momen rencana

$M_n$  = Momen nominal

$\phi$  = reduksi kekuatan

e. Kontrol kekakuan

Dalam merencanakan gording, lendutan adalah hal yang tidak boleh dilupakan, karena keamanan lendutan sangatlah penting guna untuk mengantisipasi keruntuhan atap yang mungkin saja akan timbul.

$$\Delta = \left( \frac{P.L^2}{48.EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban terpusat di tengah bentang (beban pekerja)}$$

$$\Delta = \left( \frac{5.q.L^4}{384EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban merata}$$

Untuk beban merata bila menggunakan trekstang berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap.

$$\Delta_{max} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq \frac{L}{240}$$

f. Sambungan Las

$$t_t = \frac{1}{2} \times \sqrt{2} \times t_w$$

$$\frac{M_u}{\phi.M_n} + 0,625 \frac{T_u}{\phi.T_n} \leq 1,375$$

g. Sambungan Baut

$$\text{Tebal pelat } t \geq \frac{(h+b)}{90}$$

$$\phi M_n = \phi (Z_x \cdot f_y)$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$T_u \text{ maks} = \frac{Mu}{b - tf}$$

$$\text{Jumlah baut : } n = \frac{T_{u_{maks}}}{R_{nt}}$$

- Kuat geser baut

$$R_{nv} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_b$$

- Kuat tarik baut

$$R_{nt} = 0,625 \cdot f_u \cdot A_b$$

- Lintang dipikul bersama oleh baut

$$R_{uv} = \frac{P_u}{n} \rightarrow n = \text{jumlah baut}$$

- Gaya tarik pada baut akibat momen

$$T_i = \frac{M \cdot y_i}{\sum y_i^2}$$

#### h. Sambungan joint

- Cek ukuran luas permukaan kolom terhadap  $f_c'$  beton

$$\left( \frac{P_u}{A_g} \right) + \left( \frac{M_u}{w} \right) \leq \phi f_c'$$

- Kombinasi nilai vertikal :

$$\sum \phi T_n = \phi T_{n1} + \phi T_{n2}$$

- Kombinasi nilai horizontal :

$$\sum \phi T_n = \phi T_{n1} + \phi T_{n2}$$

- Kontrol kombinasi horizontal dan vertikal :

$$\left( \frac{P_u}{\sum \phi T_n} \right) + \left( \frac{H_u}{\sum \phi T_n} \right) \leq 1$$

### 2.3.2 Pelat Lantai

Pelat merupakan suatu elemen struktur yang mempunyai ketebalan relatif kecil jika dibandingkan dengan lebar dan panjangnya. Di dalam konstruksi beton, pelat digunakan untuk mendapatkan bidang atau permukaan yang rata. Pada umumnya bidang atau permukaan atas dan bawah suatu pelat adalah sejajar atau hampir sejajar. Tumpuan pelat pada umumnya dapat berupa balok-balok beton bertulang, struktur baja, kolom-kolom (lantai cendawan) dan dapat juga berupa tumpuan langsung diatas tanah. Pelat dapat ditumpu pada tumpuan garis menerus, seperti halnya dinding atau balok, tetapi dapat juga ditumpu secara lokal. (*Sudarmanto, 1996*).

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok). (*Dipohusodo, 1996*)

Struktur pelat pada Gedung Pertokoan Grand Hill Palembang Provinsi Sumatera Selatan ini terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Berikut adalah pembahasan mengenai pelat:

#### 1. Pelat Lantai

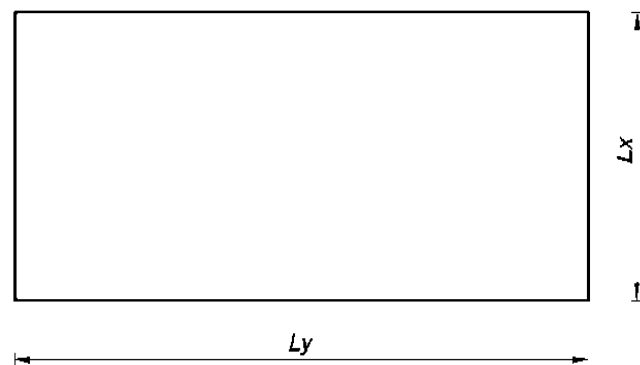
Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat lantai ditumpu oleh balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu:

##### a. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisinya yang berlawanan saja dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. (*Dipohusodo, 1996*).

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusodo, 1996).

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.2 Pelat Satu Arah,  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$

Keterangan:

$L_y$ ,  $L_x$  = panjang dari sisi-sisinya

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung tebal minimum pelat (h pelat)

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusodo, 1999:56)

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2 dengan anggapan balok atau pelat merupakan konstruksi satu arah, tebal minimumnya dapat ditetapkan berdasarkan tabel 2.1 dan untuk selimut beton pada tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.3** Tabel Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balokataupelatr usuksatu arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$

(Sumber: *Struktur Beton Bertulang Istimawan*, Hal 67 )

Catatan :

- Panjang bentang dalam mm = bentang bersih + tebal kolom  
= jarak dari as ke as.
- Nilai yang diberikan harus langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
  - a. Untuk Struktur beton ringan dengan berat jenis diantara  $1500 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2000 \text{ kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003 W_c)$  tetapi tidak kurang dari 1, 09 dimana  $W_c$  adalah berat jenis dalam  $\text{kg/m}^3$
  - b. Untuk  $f_y$  selain 400 Mpa, nialinya harus diakalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$  (SNI 03-2847-2002 pasal 11.5, hal.63)

2. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana ( $W_u$ ).

$$W_u = 1,2 WDD + 1,6 WLL$$

$WDD$  = Jumlah beban Mati Pelat (KN/m)

$WLL$  = Jumlah beban Hidup Pelat (KN/m)

3. Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik dengan cara tabel atau analisis terdapat dua metode untuk menghitung gaya dan momen pada pelat satu arah, yaitu dengan teori elastis (*Cross Slope Deflection*) dan dengan metode pendekatan (koefisien momen). Dengan teori elastis, akan dihasilkan gaya dan momen yang benar untuk berbagai tipe struktur dan berbagai pola beban, tetapi cara ini memerlukan pengetahuan khusus dan waktu yang lebih lama. Cara pendekatan atau lebih dikenal dengan cara koefisien momen telah direkomendasi pemakainya oleh beberapa peraturan yaitu ACI-63, ACI 33, CEB-FIP'78 PBI'71, SKNI T-15, ISI;63 dengan banyak digunakan oleh para perencana. Cara koefisien momen dapat digunakan, apabila beberapa syarat dipenuhi. (Sudarmanto, 1996). Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 10.3, hal.52 butir k-3.

syarat-syarat yang harus dipenuhi dengan cara koefisien momen ini adalah :

- a. Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua
- b. Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2
- c. Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- d. Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang
- e. Komponen struktur adalah prismatis.

#### 4. Perkiraan Tinggi Efektif ( $d_{eff}$ )

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai tabel 2.3 berikut:



**Tabel 2.4** Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum

	Tebal Selimut Minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batang D-19 hingga D-56.....</li> <li>- Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil .....</li> </ul>	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelat, dinding, pelat berusuk: Batang D-44 dan 56.....</li> <li>- Batang D-36 dan yang lebih kecil .</li> </ul>	40 20
d) .Balok, kolom: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitanspiral.....</li> </ul>	40
e) Komponen struktur cangkang, pelat lipat: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batang D-19 dan yang lebih besar.....</li> <li>- Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....</li> </ul>	20 15

Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002 hal 41)

##### 5. Menghitung $k_{\text{perlu}}$

$$K = \frac{M_U}{\phi b d_{\text{eff}}}$$

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang ( KN / m )

B = lebar penampang ( mm ) diambil 1 m

$d_{\text{eff}}$  = tinggi efektif pelat ( mm )

$\phi$  = faktor Kuat Rencana ( SNI 2002 Pasal 11.3, butirke- 2 hal 61)

6. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel.

Jika  $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$  maka pelat dibuat lebih tebal.

7. Hitung  $A_s$  yang diperlukan.

$$A_s = p.b.d_{\text{eff}}$$

$$A_s = \text{Luas tulangan ( mm}^2\text{)}$$

$r$  = rasio penulangan

$$d_{\text{eff}} = \text{tinggi efektif pelat ( mm )}$$

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :

– Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

a. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020

b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018

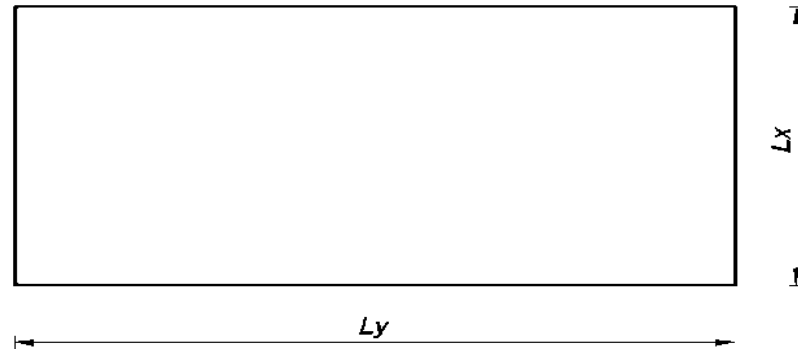
c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar -0,35% adalah  $0,0018 \times 400/f_y$

– Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm.

a. Pelat Dua Arah ( *Two Way Slab* )

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. (Dipohusodo, 1996 )

Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.3 Pelat Dua Arah,  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$

Keterangan:

$L_y$ ,  $L_x$  = panjang dari sisi-sisinya

Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.4

**Tabel 2.5** Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh $f_y^a$ (Mpa)	Tanpa Penebalan <sup>b</sup>			Dengan Penebalan <sup>b</sup>		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir <sup>c</sup>		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir <sup>c</sup>	
300	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
400	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
500	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$

Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung  
(SNI-03-2847-2002 Tabel 10 hal 66)

- Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 Mpa dan 400 Mpa atau di antara 400 Mpa dan 500 Mpa, gunakan interpolasi linear.
- Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3 (7(1)) dan 15.3(7(2)) Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar.
- Nilai  $\alpha$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

## 2. Persyaratan tebal pelat dari balok

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan ayat 11.5.3 butir 2 tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)}$$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36\beta + 9\beta}$$

## 3. Mencari $\alpha m$ dari masing-masing panel

Mencari  $\alpha m$  dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian  $h$  coba-coba telah memenuhi persyaratan  $h_{min}$ .

Untuk  $\alpha m < 2,0$  tebal minimum adalah 120 mm.

Untuk  $\alpha m \geq 2,0$  tebal minimum adalah 90 mm.

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

(SNI 03 –2847– 2002 hal.65 & 66)

## 4. Pembebanan pelat

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah.

## 5. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

$$M_x = 0,001 W_u L_2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_y = 0,001 W_u L_2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{tix} = \frac{1}{2} m_l x$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} m_l y$$

(Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang hal.26)

Keterangan :

$M_x$  = momen sejauh X meter

$M_y$  = momen sejauh Y meter

6. Mencari tulangan dari momen yang didapat (Dipohusodohal.214)

Tentukan nilai  $K = \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2}$  untuk mendapatkan nilai  $\rho$  (rasio tulangan) yang didapat dari tabel.

Syarat :  $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Apabila  $\rho < \rho_{min}$  maka dipakai tulangan  $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$

(Dipohusodo hal. 37 & 39 )

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

Keterangan :

$K$  = faktor panjang efektif

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$b$  = lebar daerah tekan komponen struktur

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tarik tulangan

$\rho_{min}$  = rasio penulangan tarik non-prategang minimum

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

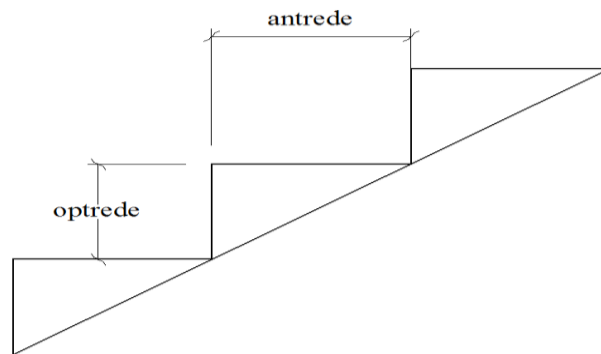
$F_y$  = mutu baja

$f_c'$  = mutu beton

### 2.3.3 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga (Bordes). Anak tangga terdiri dari dua, yaitu:

1. Antrede, adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
2. Optrede selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurutan



Gambar 2.4 Anak Tangga (Menjelaskan Posisi Optride Antride)

Ketentuan – ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
  - Antrede = 25 cm ( minimum )
  - Optrede = 20 cm ( maksimum )
- b. Untuk perkantoran dan lain – lain
  - Antrede = 25 cm
  - Optrede = 17 cm
- c. Syarat 1 ( satu ) anak tangga
  - 2 optrede + 1 antrede = 1 langkah (58-70 cm)
- d. Lebar tangga
  - Tempat umum  $\geq 120$  cm
  - Tempat tinggal = 180 cm s/d 100 cm
- e. Sudut kemiringan tangga

- Maksimal =  $45^\circ$
- Minimal =  $25^\circ$

Syarat – syarat umum tangga ditinjau dari :

1) Penempatan :

- diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- mudah ditemukan oleh semua orang
- mendapat cahaya matahari pada waktu siang
- tidak mengganggu lalu lintas orang banyak

2) Kekuatan :

- kokoh dan stabil bila dilalui orang dan barang sesuai dengan perencanaan

3) Bentuk :

- sederhana, layak, sehingga mudah dan cepat pengerjaannya serta murah biayanya.
- Rapih, indah, serasi dengan keadaan sekitar tangga itu sendiri.

Dalam merencanakan tangga prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi atau ukuran

- a. Menentukan dimensi antrede, optrede
- b. Menentukan jumlah antrede, optrede
- c. Menghitung panjang tangga

$$\text{Panjang tangga} = \text{jumlah optrede} \times \text{lebar antrede}$$

- d. Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan : } \text{arc tan} = \left( \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$$

- e. Menentukan tebal pelat

2. Menghitung pembebanan serta beban rencana ( $W_U$ )

- a. Beban mati ( $W_D$ )
  - Berat sendiri bordes
  - Berat pelat

b. Beban hidup (  $W_L$  )

$$\text{Beban rencana, } W_U = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

3. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan metode cross

4. Menentukan tinggi efektif (  $d_{eff}$  )

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tulangan pokok}}$$

5. Mengitung  $k_{perlu}$

$$k = \frac{M_U}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

– Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel Istimawan Dipohusodo

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

– Hitung  $A_s$  yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

### 2.3.4 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sabagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V15, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, dan hidup. Langkah-langkah perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup :

1. Portal akibat beban mati

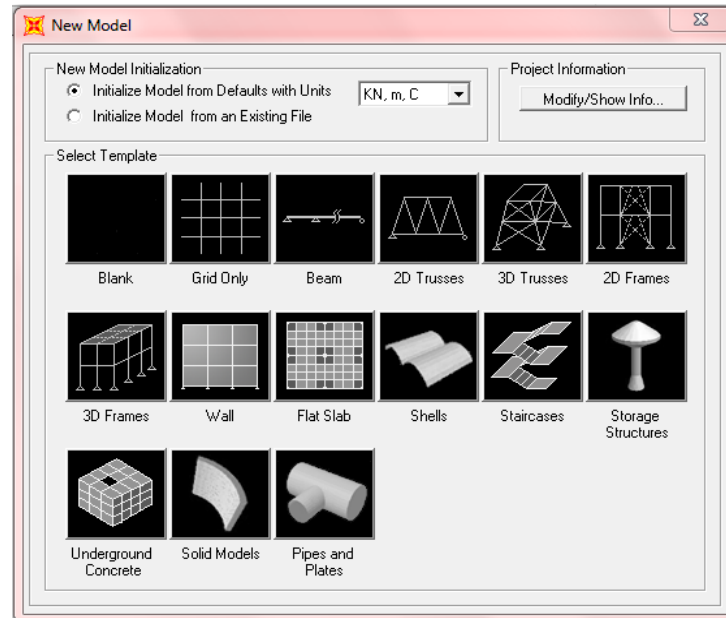
Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal, yaitu:

- Berat sendiri pelat
- Berat plafond + penggantung
- Berat penutup lantai
- Berat adukan
- Berat dari pasangan dinding bata

Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP2000.V14:

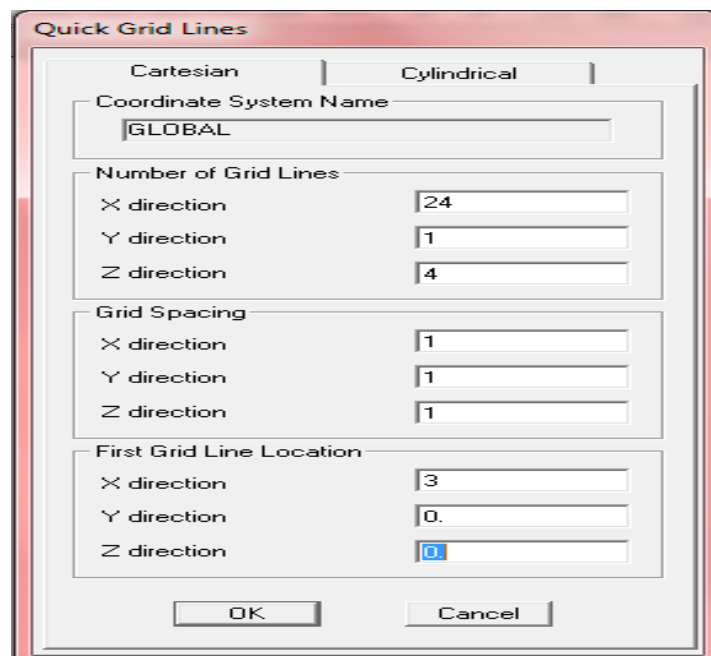


1. Buat model struktur memanjang
  - a. Mengklik file pada program untuk memilih model portal.



Gambar 2.5 pilihan jenis portal

- b. Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.6 Menentukan dimensi Portal

**Define Grid System Data**

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

**X Grid Data**

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	0.	Primary	Show	End
2	B	3.	Primary	Show	End
3	C	6.	Primary	Show	End
4	D	9.	Primary	Show	End
5	E	12.	Primary	Show	End
6	F	15.	Primary	Show	End
7	G	18.	Primary	Show	End
8	H	21.	Primary	Show	End

**Y Grid Data**

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	Start
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Z Grid Data**

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	End
2	2	4.	Primary	Show	Start
3	3	8.	Primary	Show	Start
4	4	12.	Primary	Show	Start
5					
6					
7					
8					

Display Grids as: ☒ Ordinates ☐ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

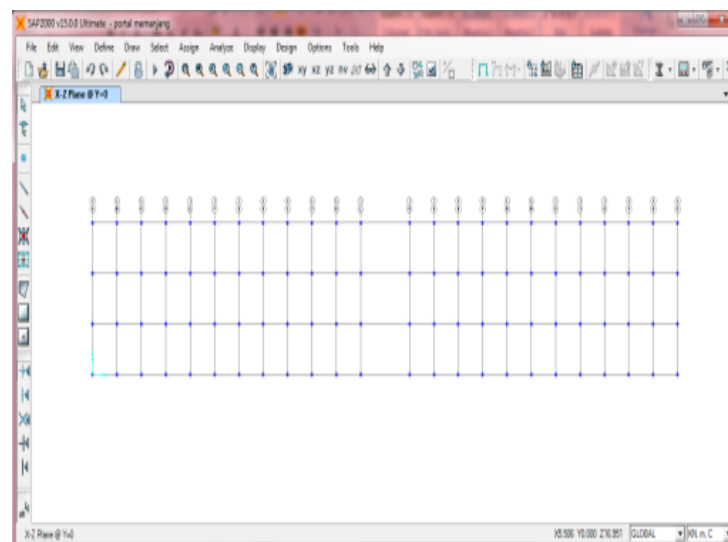
Bubble Size: 0.625

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

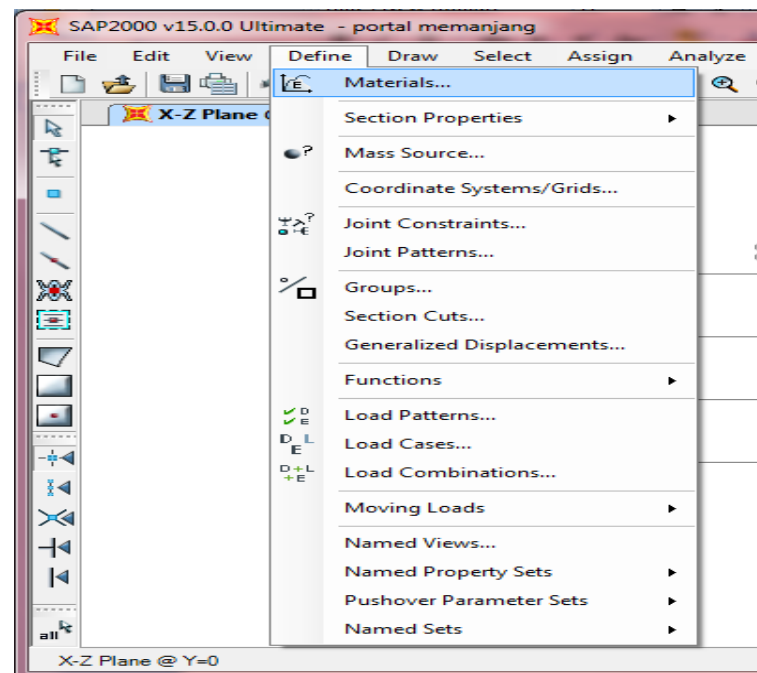
OK Cancel

Gambar 2.7 Bagan Define Grid System Data

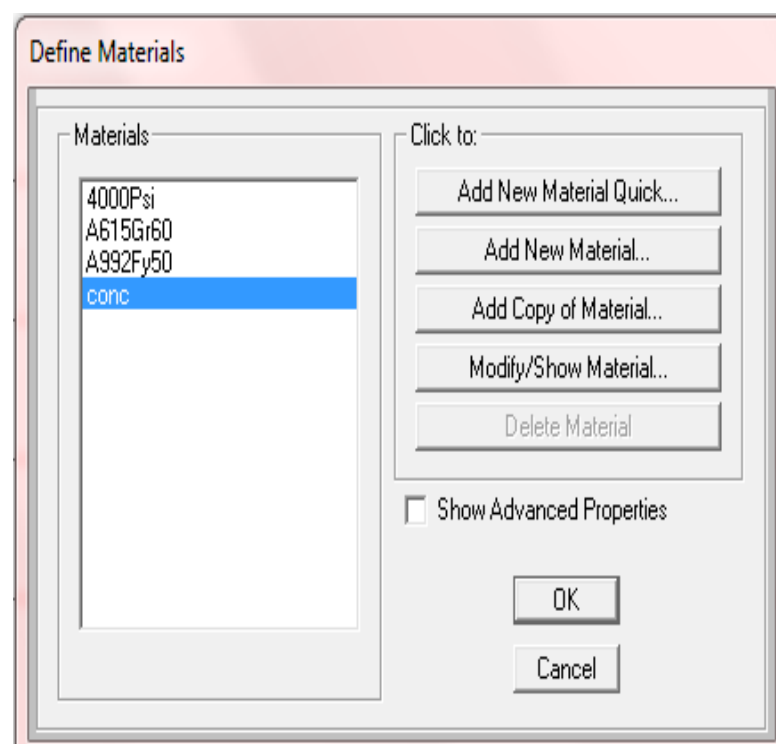


Gambar 2.8 Tampilan portal yang mau dihtung

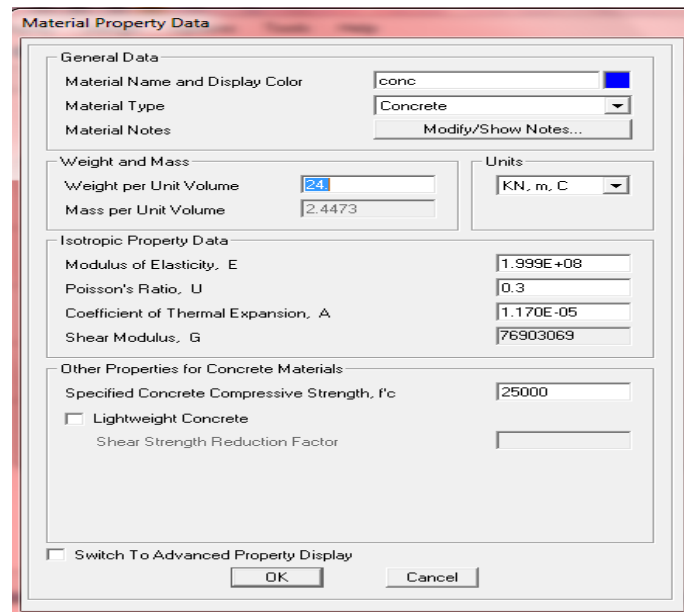
- c. Input data material yang digunakan (concrete) dan masukan mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu baja ( $f_y$ ) yang digunakan dengan mengklik **Define - material - Add New Material - pilih Concrete -** masukkan data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.9 Tampilan saat mengklik define



Gambar 2.10 Tampilan define material

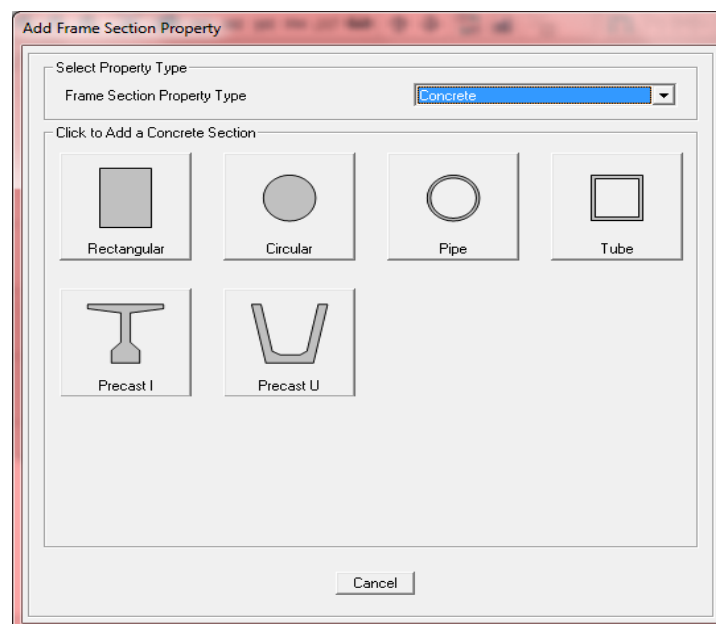


Gambar 2.11 Tampilan material property data

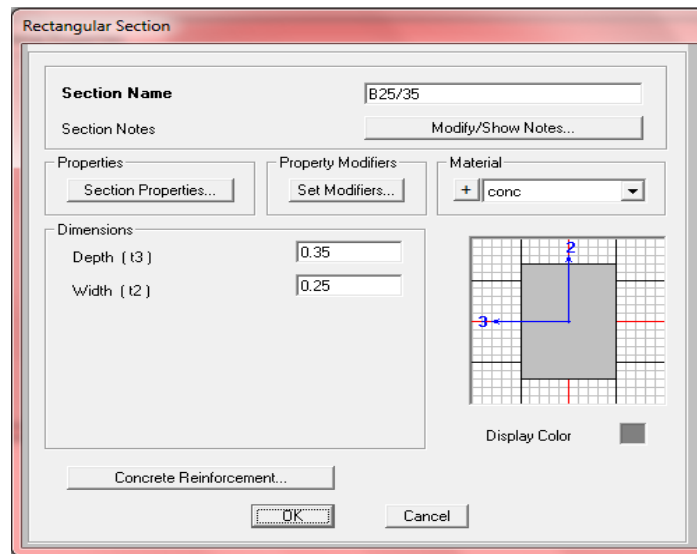
d. Input data dimensi struktur

- Kolom = (45 x 45) cm
- Balok = (35 x 50) cm

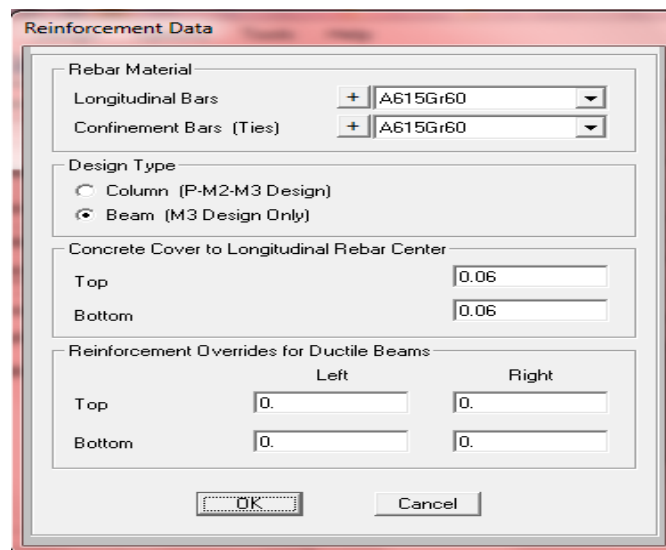
Masukkan data-dara dengan mengklik **Define - Section Properties – FrameSection – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.12 Memilih jenis material yang diinginkan



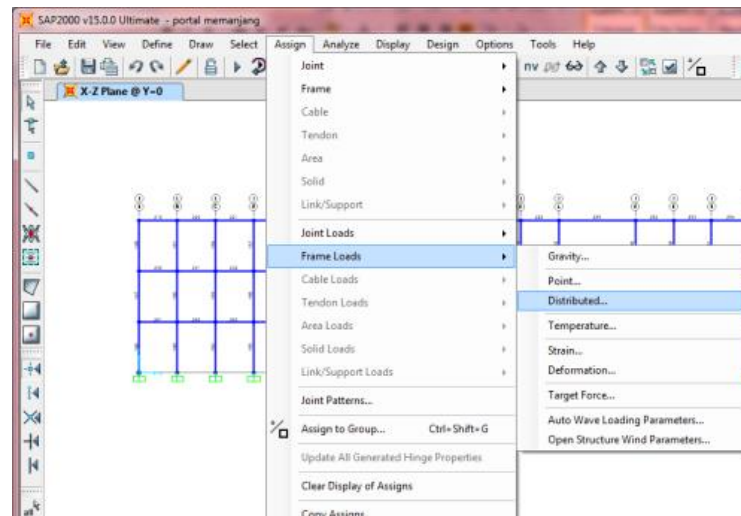
Gambar 2.13 Membuat ukuran material yang mau dihitung



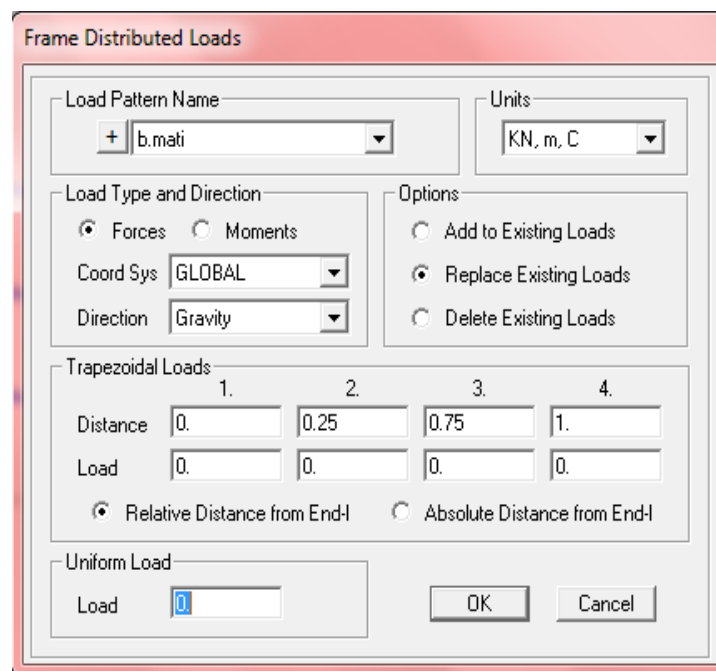
Gambar 2.14 Pilih column atau beam

e. Input data akibat beban mati (Dead)

Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – **pilih Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



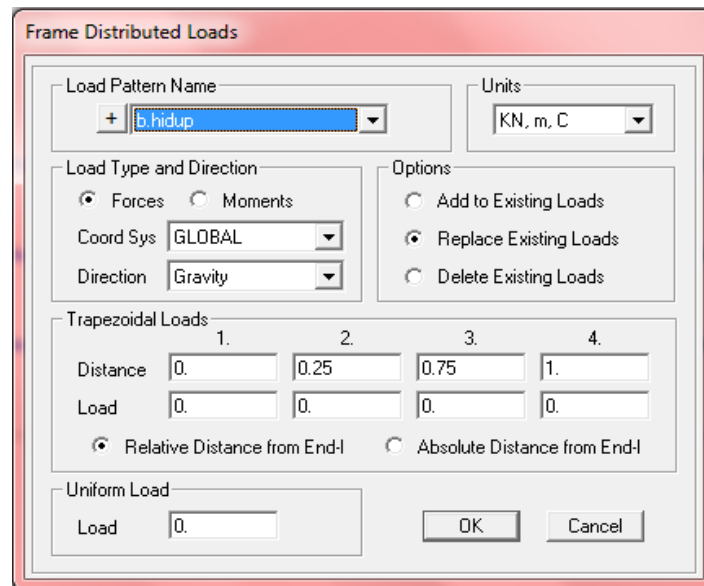
Gambar 2.15 Pilih assign, fream load, distribude



Gambar 2.16 Memasukan beban mati yang sudah didapat

f. Input data akibat beban hidup (Live)

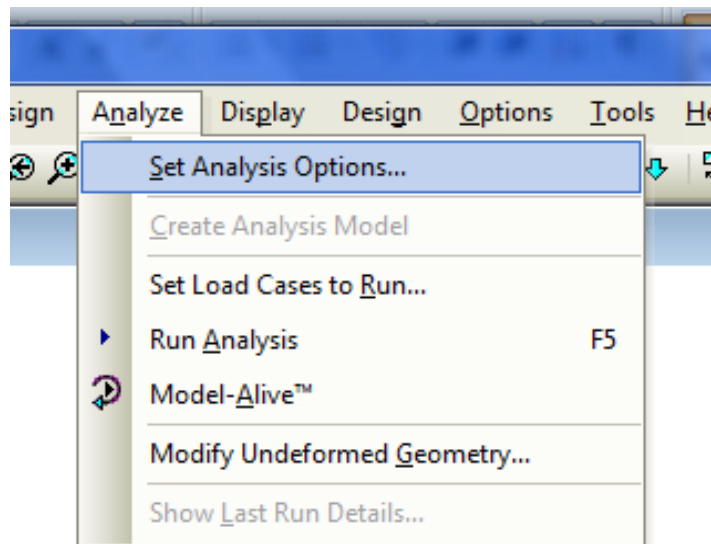
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – **pilih Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



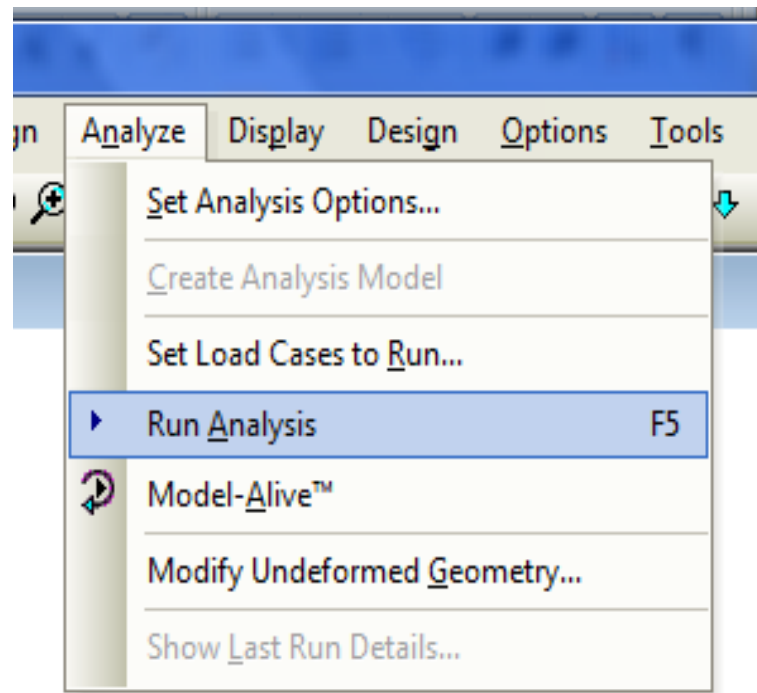
Gambar 2.17 Memasukan beban mati yang sudah didapat

g. Run analisis

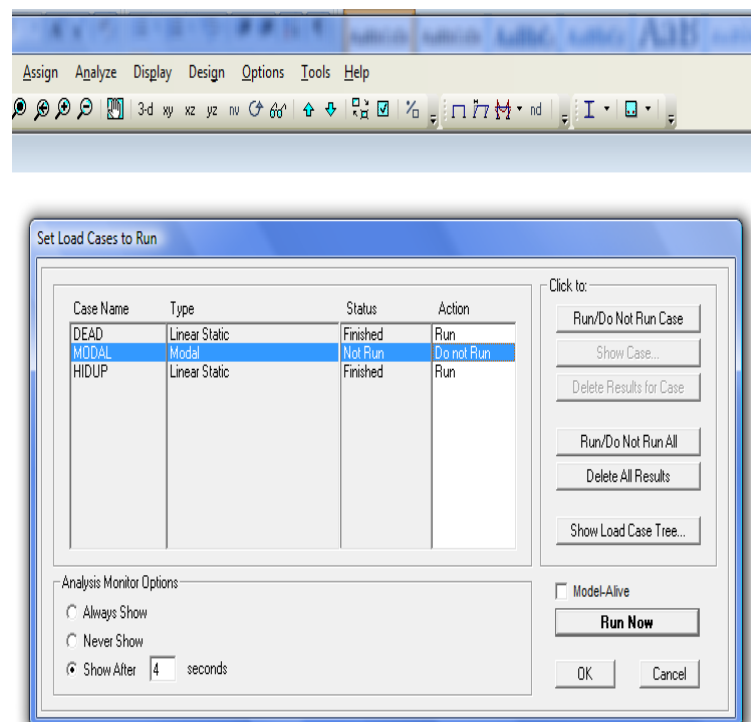
Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analysis**.



Gambar 2.18 Tampilan Analyze, Set Analysis Options



Gambar 2.18 Tampilan Run Analysis



Gambar 2.19 Tampilan Run Now



### 2.3.5 Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

1. Gaya lintang design balok maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

Keterangan :

$U$  = gaya terfaktor pada penampang

$D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

2. Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2MDL + 1,6MLL$$

Keterangan :

$Mu$  = momen terfaktor pada penampang

$MDL$  = momen akibat beban mati

$MLL$  = momen akibat beban hidup

(Dipohusodo, hal. 40)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

- Tentukan  $deff = h - p - \emptyset$  sengkang -  $\frac{1}{2} \emptyset$  tulangan

$$- K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal.54)}$$

- Pilih tulangan dengan dasar  $As$  terpasang  $\geq As$  direncanakan

b. Penulangan lentur pada tumpuan

$$- K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal.54)}$$

- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik

$\rho$  = rasio penulangan tarik

$b_{eff}$  = lebar efektif balok

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

#### 4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_w \times d$$

- $V_u \leq \phi V_c$  (tidak perlu tulangan geser)

(Dipohusodo, hal.113)

- $V_u \leq \phi V_n$

- $V_{sperlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$

(Dipohusodo, hal.116)

- $V_n = V_c + V_s$

- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

(Dipohusodo, hal. 114)

$$- \frac{3A_v f_y}{b_w}$$

(SNI-2847-2002 Pasal 13.5 hal.93)

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$f_y$  = mutu baja

$b_w$  = lebar balok

### 2.3.6 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal. (Dipohusodo, 1994:287)

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$ .

Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap freebody, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.

2. Beban design kolom maksimum

$$U = 1,2D + 1,6L$$

(Dipohusodo hal. 40)

Keterangan :

$U$  = beban terfaktor pada penampang

$D$  = kuat beban aksial akibat beban mati

$L$  = kuat beban aksial akibat beban hidup

3. Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

$$M_u = 1,2MDL + 1,6MLL$$

(Dipohusodo, hal. 40)

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$MDL$  = momen akibat beban mati

$MLL$  = momen akibat beban hidup

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

$$\beta_d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L)}$$

(Gideon hal.186)

Keterangan :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

$D$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

#### 5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \quad f_c' = \text{kuat tekan beton}$$

#### 6. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_k = 1/12 b h^3 \quad I_b = 1/12 b h^3$$

$$E.I_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk kolom}$$

$$E.I_b = \frac{E_c \cdot I_g}{5(1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk balok}$$

(Gideon hal.186)

#### 7. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

(Dipohusodo, hal.302)

Keterangan :

$e$  = eksentrisitas (mm)

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang (Mpa)

$P_u$  = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)

#### 8. Menentukan $\Psi_a$ dan $\Psi_b$

$$\varphi = \frac{\left( \frac{E.I_k}{I.I_k} \right)}{\left( \frac{E.I_b}{E.I_b} \right)}$$

(Gideon hal.188)

#### 9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

$$- \text{rangka tanpa pengaku lateral} = \frac{Klu}{r} < 22$$

$$- \text{rangka dengan pengaku lateral} = \frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$$

(Dipohusodo, hal.331)

Keterangan :

$k$  = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

$lu$  = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

$r$  = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

- untuk semua komponen struktur tekan dengan  $\frac{Klu}{r} > 100$  harus digunakan analisa pada SNI 03 -2847 - 2002 hal.78 ayat 12.10.1 butir 5

- apabila  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$  atau  $\frac{Klu}{r} > 22$  maka perencanaan

harus menggunakan metode pembesaran momen

#### 10. Perbesaran momen

$$Mc = \delta_b x M_{2b} + \delta_s x M_{2s}$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi Pc}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}} \geq 1,0$$

$$Cm = 0,6 + 0,4x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \quad \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$$Cm = 1,0 \quad \rightarrow \text{kolom tanpa pengaku}$$

(Dipohusodo, hal.335 dan 336)

Keterangan :

$Mc$  = momen rencana yang diperbesar

$\Delta$  = faktor pembesaran momen

$Pu$  = beban rencana aksial terfaktor

$Pc$  = beban tekuk Euler

## 11. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \rightarrow As = As'$$

(Dipohusodo hal.325)

## 12. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd}$$

## 13. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$Cb = \frac{600d}{600 + fy}$$

$$a_b = \beta_1 x Cb$$

$$fs' = \left( \frac{Cb - d}{Cb} \right) x 0,003$$

$$fs' = fy$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 x fc' x a_b x b + As' x fs' - As x fy)$$

(Dipohusodo hal. 324)

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$$\phi P_n < P_u \rightarrow \text{beton hancur pada daerah tarik}$$

## 14. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \left[ \left( \frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left( \frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot As \cdot fy \cdot (d - d')}{0,85 \cdot fc' \cdot b}} \right]$$

- Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{As' \cdot fy}{\left( \frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot fc'}{\left( \frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18}$$

(Dipohusodo hal.320 dan 322)

Keterangan :

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$\rho'$  = rasio penulangan tekan non-prategang

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

$A_s'$  = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$d'$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

$b$  = lebar daerah tekan komponen struktur

$h$  = diameter penampang

$f_c'$  = mutu beton

$f_y$  = mutu baja

$e$  = eksentrisitas

## 2.4 Struktur Bawah

### 2.4.1 Sloof

Fungsi utama balok sloof adalah sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan (Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti 2013:97) Adapun penyelesaian perencanaan sloof dapat dihitung dengan langkah-langkah berikut :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menentukan pembebanan pada sloof :
  - Berat sloof
  - Berat dinding
  - Berat plesteran
3. Perhitungan momen
4. Perhitungan penulangan

Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang ( KN / m )

$b$  = Lebar penampang ( mm ) diambil 1 m

$d_{\text{eff}}$  = Tinggi efektif pelat ( mm )

$\phi$  = Faktor Kuat Rencana (*SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke 2*)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \rho_{\text{ada}} < \rho_{\text{maks}}$$

5. Menghitung nilai  $A_s$

$$A_s = \rho b d_{\text{eff}},$$

$A_s$  = Luas tulangan ( mm<sup>2</sup> )

$\rho$  = Rasio penulangan

$d_{\text{eff}}$  = Tinggi efektif pelat ( mm )

6. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (*Istimawan, Tabel A-4* )

7. Mengontrol jarak tulangan sengkang

8. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (*Istimawan*) didapat diameter tulangan pakai.

9. Cek apakah tulangan geser diperlukan

$V_u < V_c$ , tidak perlu tulangan geser

$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , digunakan tulangan praktis

## 2.4.2 Pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah, dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Sebagaimana yang menjadi tugasnya, telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menebarkan beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak dilampaui ( Istimawan Dipohusodo, 1994:342).

Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/ atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Joseph E. Bowles, 1991:193).



Jenis-jenis penyaluran beban pada tiang pancang yaitu :

1. *End bearing*

Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang.

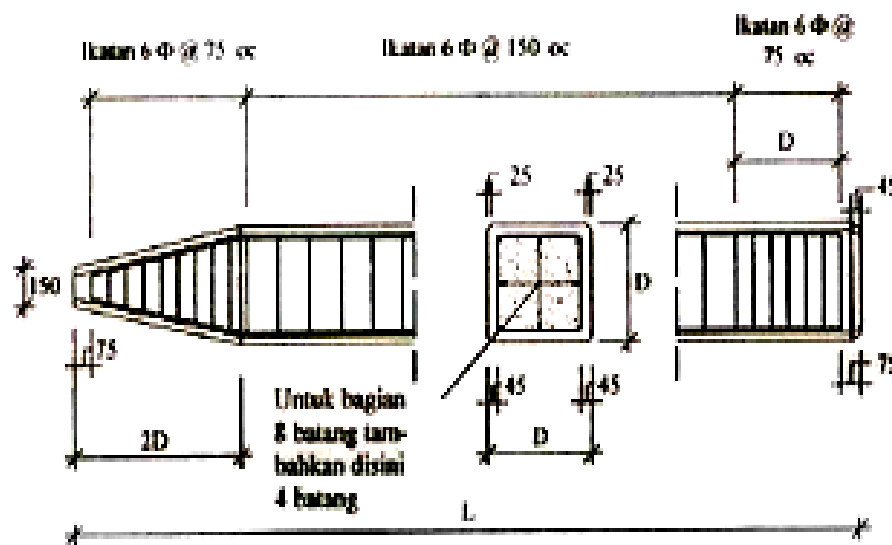
2. *Friction pile*

Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah sekitarnya.

Tiang pancang dapat dibagi dalam 3 macam berdasarkan cara pembuatannya yaitu:

a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

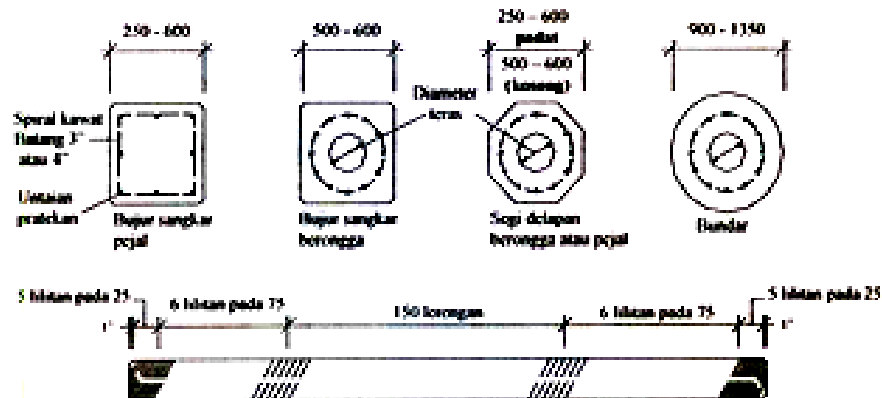
*Precast Reinforced Concrete Pile* adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keras kemudian diangkat dan dipancangkan.



Gambar 2.20 Tiang pancang Beton *Precast Concrete pile*

b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestess, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras seperti dalam berikut.



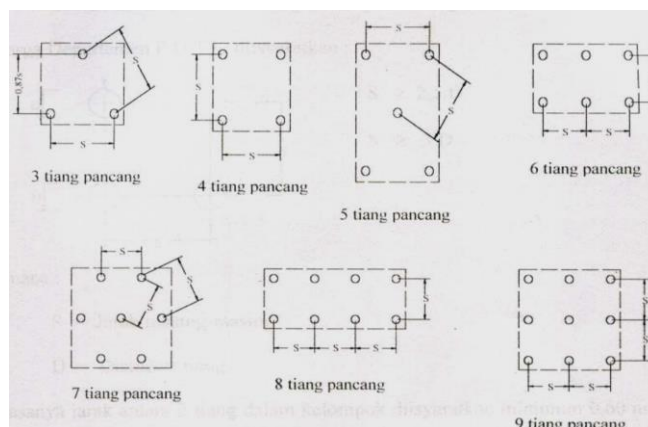
Gambar 2.21 Tiang Pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*

c. *Cast in Place*

*Cast in Place* merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran. Pada *Cast in Place* ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- 1) Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik ke atas.
- 2) Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal di dalam tanah. (Joseph E.Bowles,1991:193).

Pada kenyataan sebenarnya jarang sekali ditemukan tiang pancang yang berdiri sendiri, akan tetapi kita sering mendapatkan pondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.22 Pengelompokan Tiang Pancang

Adapun penyelesaian perhitungan pondasi jenis ini dapat menggunakan langkah-langkah berikut :

Terhadap kekuatan bahan tiang

- a. Kekuatan izin tiang pancang

$$\bar{p} = \bar{\sigma} \times A_{tiang}$$

Keterangan :

$\bar{\sigma}$  = Tegangan izin bahan (Kg/cm<sup>2</sup>)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

- b. Luas penampang tiang pancang

$$A = \frac{1}{2} a \cdot t$$

Keterangan :

t = Tinggi tiang

a = Alas

- c. Menentukan beban – beban yang bekerja pada pondasi,  
 d. Menentukan diameter yang digunakan.  
 e. Menentukan daya dukung ijin tiang berdasarkan hasil pengujian sondir,  
 daya dukung ijin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{qc \times Ab}{Fb} + \frac{JHP \times O}{Fs}$$

Keterangan :

Q ijin = Daya dukung ijin tiang (kg)

Qc = Nilai tahanan konus di ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

Ab = Luas penampang ujung tiang (cm<sup>2</sup>)

JHP = Jumlah hambatan pelekak (kg/cm)

O = Keliling penampang tiang (cm)

Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung (Fb = 3)

Fs = Faktor keamanan daya dukung gesek (Fs = 5)

- f. Menentukan jarak tiang yang digunakan,  $1,5D < S < 3,5D$   
 g. Menentukan efisiensi kelompok tiang,

Persamaan dari Uniform Building Code:

$$Eff\eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1) + (m-1)n}{m \cdot n} \right\}$$

Keterangan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = Arc tan  $\frac{d}{s}$  (derajat)

d = Diameter tiang

s = Jarak antar tiang ( as ke as )

h. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{n_x \cdot \sum Y^2}$$

Keterangan :

Pmax = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$  = Jumlah total beban

Mx = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

My = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu Y

n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang

Xmax = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Ymax = Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

$n_y$  = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

$n_x$  = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X

$\sum X^2$  = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

$\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

i. Menentukan tebal tapak pondasi Tinggi efektif ( $d_{eff}$ ) =  $h - p - D - \frac{1}{2}D$

Untuk aksi satu arah:

Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'c'} ; b_w = B$$

$\phi V_c > V_u$  (tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser ).

#### 10. Penulangan Poer

$$\rho = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 \sqrt{1 - 4 \times \frac{f_y}{1,7 \cdot f'c'} \times \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y}} \right) \cdot \frac{1,7 \cdot f'c'}{f_y}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

#### 11. Perhitungan Tulangan Sengkan

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A_v = \frac{1}{3} + \frac{b_w S}{f_y}$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{350}$$

Syarat  $S_{max} = \frac{1}{2} d$  atau 600 mm

## 2.5 Pengelolaan Proyek

Manajemen diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Berdasarkan para ahli disimpulkan bahwa manajemen dapat didefinisikan dari beberapa aspek. Meskipun demikian, pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni 2013:23).

### 2.5.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan

mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Dalam menyusun rencana kerja ada beberapa dokumen yang dibutuhkan, yaitu :

- a. Petunjuk bagi penawaran
- b. Contoh surat penawaran
- c. Contoh jaminan penawaran
- d. Contoh surat pernyataan tunduk
- e. Rencana surat perjanjian pemborong
- f. Syarat-syarat kontrak
- g. Ketentuan umum dan spesifikasi teknik
- h. Berita acara penjelasan pekerjaan
- i. Gambar kerja proyek
- j. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
- k. Bill Of Quality (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
- l. Data lokasi proyek berada
- m. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia di sekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- n. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
- o. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
- p. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek
- q. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
- r. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing- masing item pekerjaan
- s. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
- t. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress, dll.

### 2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah karena perbedaan harga bahan upah dan tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besaran biaya yang dibutuhkan.

Tahapan-tahapan yang sebaiknya dilakukan sebelum menyusun rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar yang menyediakan bahan/material konstruksi secara terus menerus.
- b. Mengumpulkan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Menghitung analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan.
- d. Menghitung harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi

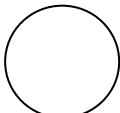
### 2.5.3 Rencana Pelaksanaan

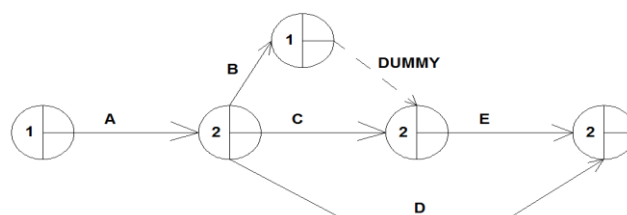
Rencana pelaksanaan proyek bangunan terbagi menjadi 3 yaitu :

#### 1) NWP (*Network Planning*)

Menurut Sofwan Badri (1997 : 13) dalam bukunya “Dasar-Dasar Network Planning” adalah sebagai berikut: “*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan

mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi. Berikut simbol diagram network dan contoh gambar *Network Plannin* :

- a. Even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
- b. Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
- c.  $\longrightarrow$  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, *equipment*, material dan biaya) tertentu.
- d.  **Node/even**, bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
- e.  $\Longrightarrow$  **Double arrow**, berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*).
- f.  $----->$  **Dummy**, berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.
- g.  $\longrightarrow$  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.



Gambar 2.9 *Network Planning*



## 2) Diagram Batang (*Barchart*)

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau diagram batang atau bagan balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. (Irika Widiyanti dan Lenggogeni 2013:77).

## 3) Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu. (Irika Widiyanti dan Lenggogeni 2013:152).

Kegunaan kurva S adalah :

- a. Untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan.
- b. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.
- c. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.